

**ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO DE RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA  
E DE ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO  
DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ**

**ETAPA V  
RELATÓRIO FINAL**

**TOMO 6  
PCH DA QUEDA DO TRECHO 1**

**1. INTRODUÇÃO**

No presente Tomo 1 do relatório da “ETAPA V – RELATÓRIO FINAL” apresentam-se os dados específicos relativos à Pequena Central Hidrelétrica (PCH) da Queda do Trecho 1 e são definidas as características de dimensionamento adotadas para esse aproveitamento.

No Tomo 0, relativo à Memória Geral, foram apresentados os estudos realizados que conduziram à definição das características principais desta PCH, sendo nos parágrafos seguintes efetuada a descrição da solução adotada.

No Capítulo 2 é indicada a localização do aproveitamento hidrelétrico e apresentadas as suas características de dimensionamento principais, incluindo os aspectos hidrológicos e de produção de energia.

O Capítulo 3 refere-se à implantação da PCH, à descrição das estruturas e à definição dos equipamentos electromecânicos e instalações elétricas.

Em anexo é incluído um desenho com a localização do aproveitamento e a delimitação da respectiva bacia hidrográfica (Anexo 1), são apresentadas fotografias do local de implantação da PCH (Anexo 2) e são resumidos os resultados da simulação da exploração do aproveitamento (Anexo 3).

## **2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PCH**

### **2.1. LOCALIZAÇÃO**

O Trecho 1 do Eixo de Integração Castanhão-Fortaleza, cuja construção foi concluída recentemente (2005), tem por objetivo o transporte da água captada no açude Castanhão até ao açude Curral Velho, onde terá início o Trecho 2 e que atualmente é utilizado como reservatório de regularização para alimentação do perímetro de irrigação de Morada Nova.

Neste trecho, ao km 12+314, logo após a travessia do Chapadão do Castanhão, a orografia dos terrenos atravessados exigiu a consideração de uma queda com dissipação de energia.

Foi assim previsto no respetivo projeto a implantação de uma central hidrelétrica nesse local, designada por “Queda do Trecho 1”, a implantar numa segunda fase de construção.

Na Figura 2.1 apresenta-se a localização da PCH e respectivos acessos. No Anexo 1 é delimitada a bacia hidrográfica definida pelo açude do aproveitamento.

No Anexo 2 são apresentadas fotografias que mostram as infra-estruturas existentes e a localização prevista para a PCH.

### **2.2. QUEDA DO TRECHO 1 DO EIXO DE INTEGRAÇÃO**

#### **2.2.1. Implantação da PCH**

A Queda fica localizada entre os km 12+314 e 12+571 do Trecho 1 do Eixo da Integração Castanhão Fortaleza. A partir de Fortaleza, o acesso é feito pela rodovia BR116. Aproximadamente ao km 228, dobra-se à direita seguindo pela CE269. Depois de Nova Jaguaribara, dobra-se à direita e segue-se pela CE266, a qual cruza o canal. Dobra-se então à esquerda e segue-se pela estrada de terra que ladeia o canal até se chegar ao local do aproveitamento.

Na construção da queda do Trecho 1 foi executada uma estrutura de dissipação de energia com válvulas de jato oco e prevista a eventual construção, numa segunda fase, de uma central hidrelétrica no pé-de-barragem.

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE

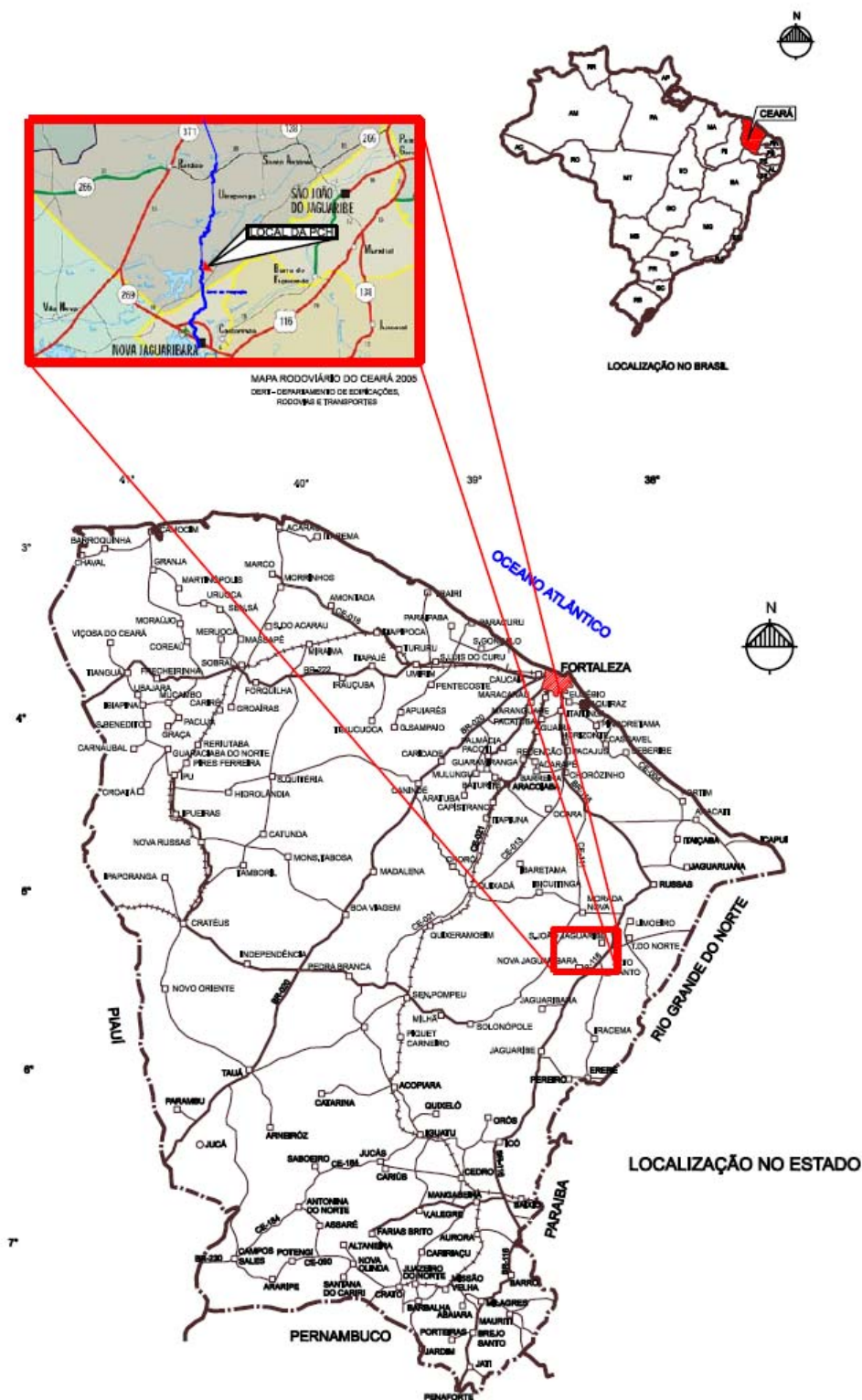


Figura 2.1

Localização e acesso à PCH da Queda do Trecho 1

Atendendo às estruturas já executadas, a alimentação da futura central hidrelétrica poderá ser realizada através da execução de um derivante na tubulação da queda, imediatamente a montante da referida câmara de válvulas. A implantação do edifício da usina ficará adjacente à câmara de válvulas existente, sendo necessário desviar o caminho de acesso existente.

No Projeto Executivo da queda foi prevista a execução do derivante e de uma junta cega, para cada uma das tubulações da queda, de forma a facilitar o futuro prolongamento da tubulação para alimentação da central. Verifica-se contudo que esse derivante não foi executado pelo que será necessário a demolição pontual da tubulação da queda para concretizar o derivante.

### **2.2.2. Descrição geral do Trecho 1 do Eixo de Integração**

O Trecho 1 do Eixo de Integração Castanhão-RMF tem início após o término da adutora de recalque da estação de bombeamento localizada junto à base do açude do Castanhão e finaliza no Açude Curral-Velho, situado na proximidade do povoado de Morada Nova e construído com a finalidade de possibilitar a irrigação do perímetro de Tabuleiro de Russas. O canal de integração, no seu Trecho 1, desenvolve uma diretriz essencialmente com direção sul-norte.

O Trecho Castanhão-Curral Velho foi dividido em quatro sub-trechos, designados de 1.1 a 1.4, que são descritos seguidamente de forma resumida. O traçado em planta do sistema adutor editado na escala 1:100 000 pode ser observado no desenho de localização geral apresentado no final do presente capítulo.

O sub-trecho 1.1, com início ao km 2+500 e final ao km 12+314, desenvolve-se em direção a norte, seguindo as curvas de nível até à queda que permitirá o aproveitamento hidrelétrico. O canal adutor, neste trecho, possibilitará a eventual beneficiação com agricultura irrigada de extensas áreas do Chapadão. O canal adutor intersecta duas rodovias de acesso a Nova Jaguaribara, uma existente e outra projetada.

O sub-trecho 1.2 tem início imediatamente antes da “queda”, à cota aproximada 118,80, descendo para a cota 108,9 e desenvolvendo-se em direção a norte até ao km 13+900, onde tem início o sifão do Livramento, constituído por tubulação gravitatoria com uma extensão de aproximadamente 2085 m. O eixo de integração continua como canal trapezoidal até ao km 20+338, onde tem início o sifão Novo, com um comprimento de 407 m, para atravessamento de um riacho.

O sub-trecho 1.3 tem início ao km 22+426, pela travessia do vale do riacho do Formoso com um sifão invertido, de 3075 m de extensão. Ao km 28+314 este sub-trecho inclui o sifão Santa Rosa que efetua a travessia do curso de água com o mesmo nome.

O sub-trecho 1.4 tem início após o sifão Santa Rosa, possuindo uma diretriz com a direção nordeste, integrando ao km 35+983 o sifão Corcunda e ao km 43+130 o sifão Banabuiú que assegura a travessia do rio, bem como a ligação do Eixo de Integração com o canal adutor I de Tabuleiro de Russas que por sua vez transporta a totalidade da vazão proveniente do rio Jaguaribe para o açude Curral Velho.

### **2.2.3. Dimensionamento hidráulico do Trecho 1**

A vazão máxima de dimensionamento hidráulico do Trecho 1 do canal adutor do Eixo de Integração adotada no Projeto Executivo foi de 22 m<sup>3</sup>/s, correspondente à 2ª Etapa de exploração. Na 1ª Etapa de funcionamento do sistema adutor a vazão de dimensionamento é de 11 m<sup>3</sup>/s.

A inclinação do fundo do canal é de 0,15 m por km e as dimensões da seção hidráulica corrente de geometria trapezoidal são: 5,0 m de largura de base, 3,0 m de altura total, inclinação de espaldas de 1,5(H)/1,0(V).

Considerando a vazão máxima de dimensionamento, a altura de água para o escoamento em regime permanente e uniforme é de 2,33 m, resultando uma folga (“freeboard”) de 0,67 m. Na 1ª etapa de exploração, a que corresponderá uma vazão máxima de 11 m<sup>3</sup>/s, a altura de escoamento será de 1,61 m. A velocidade de escoamento no canal, em regime permanente e uniforme é de 0,918 e 1,11 m/s na 1ª e 2ª etapa, respectivamente.

Os sifões invertidos serão constituídos, na 1ª etapa do empreendimento, por uma conduta de aço carbono com 2,5 m de diâmetro interno, para uma vazão máxima de 11,0 m<sup>3</sup>/s, a que corresponde uma velocidade de 2,24 m/s.

Na 2ª Etapa de exploração do sistema será instalada uma conduta adicional cujo diâmetro varia entre 2,50 e 3,0 m, tendo este diâmetro sido objeto de otimização técnico-econômica após o estabelecimento definitivo do perfil longitudinal do canal, dos cálculos de movimentos de terras e das condições de fundação das obras localizadas e especiais do canal (eg: estruturas de entrada e saída dos sifões).

No Quadro 2.1 são apresentados os valores característicos do dimensionamento hidráulico relativos ao trecho da queda.

**Quadro 2.1**

**Dimensionamento hidráulico do canal adutor e sifões invertidos**

Localização (km+m)	Designação da obra	Extensão do trecho (m)	Vazão máxima (m <sup>3</sup> /s)	Diâmetro (m)	Perda de carga (m)	Cota inicial (fundo)	Cota final (fundo)
12+300	Est. Trans. (Montante)	0+014	22	-	0,100	119,459	118,789
12+314	Queda	0+262	22	2x1,90	1,823	118,789	108,869
12+576	Est. Trans. (Jusante)	0+026	22	-	-	108,869	106,439

#### **2.2.4. Descrição da queda do Trecho 1**

Após o canal-reservatório, preconiza-se a construção de um trecho de canal com berma horizontal associado às tubulações de queda e válvulas controladoras de vazão e dissipadoras de energia. Este pequeno trecho, com cerca de 820 m de comprimento, corresponde ao único segmento de canal do trecho 1 comandado por jusante.

Este trecho em canal, quando em regime permanente, funciona de forma semelhante a todos os outros trechos em canal, projetados com seção tipo descrita neste documento. Para a declividade do fundo do canal de 0,15 m/km e vazão máxima de 22 m<sup>3</sup>/s obtém-se a altura de água para regime permanente e uniforme de 2,33 m. Para a vazão de 11 m<sup>3</sup>/s, o valor da altura de água cifra-se em 1,61 m.

Para possibilitar a operação de controle por solicitação de jusante, este trecho de canal teve sua berma horizontalizada (mantendo-se a declividade em 0,00015 m/m e sua altura total a montante ampliada de 0,24 m para possibilitar o “encaixe” de uma sobrelevação do nível de água necessário para correto funcionamento das comportas hidráulicas e a formação de uma cunha - reservatório acima do nível normal operacional (Nanormal de Q = 22 m<sup>3</sup>/s).

A cunha-reservatório permitirá o funcionamento hidráulico automático da comporta e melhorará a estabilidade do funcionamento deste trecho de canal quando houver variação na demanda solicitada a jusante, e em momentos de desequilíbrio, quando a vazão de jusante for diferente da vazão controlada pelas comportas na saída do reservatório de compensação.

Na extremidade de jusante deste trecho de berma horizontal, ao km 12+314 m, após a travessia do Chapadão do Castanhão, de forma a ajustar o traçado do canal às cotas de travessia do riacho Livramento através de tubulação/sifão invertido projetaram-se tubulações



de queda, com diâmetro interno 1900 mm. O diferencial de cota piezométrica na queda é de 12,4 m (121,913-109,474).

As tubulações de queda foram associadas a válvulas motorizadas com operação automatizada para regulação de vazão e dissipação de energia, em sua extremidade inferior.

Preconizou-se a instalação de duas comportas automáticas planas verticais de 2,0 m x 2,0 m, na estrutura de entrada das duas tubulações de queda

Imediatamente à montante das válvulas controladoras/dissipadoras de energia foram projetados dois derivantes, um para cada tubulação, prevendo-se a possibilidade de futura instalação de duas turbinas hidrelétricas, fazendo-se o “by-pass” das válvulas controladoras/dissipadoras, e fazendo-se a descarga à jusante das futuras turbinas na própria estrutura de dissipação já prevista à jusante das válvulas dissipadoras/controladoras de vazão.

As válvulas dispersoras têm a função principal de dissipação de pequenas ou grandes vazões, sob alta ou baixa pressão, os fabricantes também as recomendam para regulação confiável de vazões, diretamente através do simples controle direto de sua abertura e mais precisamente, se esta abertura for controlada em função das medições de um macromedidor de precisão montado no trecho de tubulação a montante.

Para estas válvulas foi previsto o controle de vazão a partir de uma medição externa (macromedidor) enviada a um módulo local controlador, regulador e calculador programável, que também receberá local ou remotamente o valor da demanda vazão objetiva a ser controlada e liberada para jusante.

O dimensionamento das duas válvulas foi feito com a utilização dos catálogos dos fabricantes disponíveis no mercado, considerando-se a vazão normal máxima de cada adutora em  $Q_{\text{máx}} = 11 \text{ m}^3/\text{s}$  e considerando ainda a ampliação desta vazão em 25% ( $Q_{\text{máx}} = 13,75 \text{ m}^3/\text{s}$ ) para a condição de somente uma delas em operação, no caso de defeitos e paradas para manutenção.

Na extremidade de jusante da queda projetou-se uma estrutura dissipadora de energia do tipo Bureau of Reclamation, dimensionada para a condição de válvula totalmente aberta. No tipo de instalação preconizada, em que as válvulas podem funcionar afogadas ou semi-afogadas, os fabricantes prevêem a anexação de um anel redirecionado de fluxo, que no presente caso foi dispensado em conseqüência da pequena magnitude da carga de operação normal ( $< 12,5 \text{ m}$ ), podendo o jato disperso atingir o concreto da câmara.

### **2.2.5. Vazões de dimensionamento**

As demandas de água a satisfazer pelo açude Castanhão, os critérios de operação do reservatório e as vazões a derivar pelo Eixo de Integração não se encontram ainda definitivamente definidos.

Os projetos de irrigação previstos na baixa aluvionar ao longo do rio Jaguaribe recebem as vazões com origem no Castanhão, liberadas através das referidas válvulas dispersoras. A sua interferência com a Transposição limitar-se-á aos volumes de água utilizados e à necessidade de transporte simultâneo da totalidade da vazão (para o Jaguaribe e para a RMF) nas tubulações de tomada de água da barragem.

A vazão máxima de dimensionamento do Eixo de Integração cifra-se em 22,0 m<sup>3</sup>/s, dos quais 14,3 m<sup>3</sup>/s, em média, destinam-se ao abastecimento da RMF, podendo atingir o máximo de 19,0 m<sup>3</sup>/s para a RMF.

A execução da globalidade do Sistema Adutor Castanhão-Fortaleza será realizada em duas etapas:

- Etapa 1 – serão executadas as obras civis da estação de bombeamento, os canais adutores e parte dos equipamentos hidromecânicos, uma de duas tubulações das adutoras da captação e dos sifões, e instalados equipamentos de bombeamento para metade da capacidade final prevista.
- Etapa 2 – será completado o sistema adutor com a instalação dos grupos restantes da estação de bombeamento, os restantes equipamentos hidromecânicos dos canais a segunda tubulação das adutoras da captação e dos sifões.

## **2.3. CARACTERÍSTICAS DE DIMENSIONAMENTO**

### **2.3.1. Queda bruta e queda útil**

A queda bruta disponível corresponde à diferença entre os níveis de água a montante e a jusante, podendo considerar-se constante em cada instante de simulação, dado que a variação de nível, quer a montante quer a jusante, é pouco expressiva quando comparada com a queda bruta. Os níveis de água a montante e jusante apresentam também uma variação semelhante a montante e a jusante, para diferentes valores da vazão.



Da consideração das perdas de carga no circuito hidráulico, variáveis em função da vazão turbinada, resulta a determinação da queda útil disponível para produção de energia.

Para esta PCH, o nível de água a montante corresponde ao nível de água no canal, variável em função da vazão transportada, mas que no cálculo da energia produzida se considera constante. Considerou-se que a queda útil nominal corresponde ao nível de água máximo a montante, ou seja a cota 121,813 m.

O nível de água a jusante corresponde ao nível no canal a jusante, sendo diretamente variável em função da vazão turbinada em cada instante, mas que no cálculo da energia produzida se considera constante. Considerou-se que a queda útil nominal corresponde ao nível de água máximo a jusante, ou seja a cota 108,869 m.

Resultam assim os seguintes valores de cálculo:

- Nível de água a montante (máximo / nominal / mínimo) .. 121,813 m
- Nível de água a jusante (máximo / nominal / mínimo)..... 108,869 m
- Queda bruta (máxima / nominal / mínima)..... 12,94 m
- Perda de carga máxima..... 1,94 m
- Queda útil (máxima / nominal / mínima) ..... 11,0 m

### **2.3.2. Vazão de equipamento**

Em resultado dos estudos de otimização econômica realizados (ver Tomo 0 – Memória Geral), foi considerada a execução da PCH em duas fases, tendo sido adotados os seguintes valores de vazão de equipamento e respetiva potência instalada:

- 1ª Fase
  - Número de grupos ..... 1
  - Vazão nominal de equipamento ..... 7 m<sup>3</sup>/s
  - Potência instalada..... 0,64 MW
- 2ª Fase (valores totais, incluindo a 1ª Fase)
  - Número de grupos ..... 2
  - Vazão nominal de equipamento ..... 14 m<sup>3</sup>/s
  - Potência instalada..... 1,28 MW

### **3. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO**

#### **3.1. DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO**

##### **3.1.1. Considerações prévias**

Os estudos de simulação da exploração realizados para o aproveitamento visam a definição da capacidade de regularização de vazões para abastecimento e para irrigação, bem como o potencial disponível para produção de energia hidrelétrica.

Esta quantificação é efetuada através da utilização de um modelo de simulação hidráulica da exploração do aproveitamento (SIMPCH), desenvolvido especificamente para o presente estudo, descrito no Tomo 0 do presente relatório. Este programa considera os escoamentos afluentes, as demandas hídricas na bacia, o estado de enchimento do reservatório e as regras de operação estabelecidas para o aproveitamento.

Atendendo à grande capacidade de armazenamento do reservatório, a simulação da exploração é efetuada a nível mensal, tendo-se considerado uma série histórica de 83 anos hidrológicos de deflúvios mensais. Esta série pode considerar-se bastante longa, sendo assim possível obter valores médios da capacidade de regularização do açude e de produção de energia com razoável grau de segurança.

Nas seções seguintes indicam-se os dados de entrada do modelo de simulação e são apresentados os resultados obtidos para a configuração adotada.

##### **3.1.2. Bacia hidrográfica**

O açude Castanhão, situa-se no rio Jaguaribe próximo da localidade de Nova Jaguaribara, dominando uma área de drenagem não controlada de 16 821 km<sup>2</sup>, e uma bacia hidrográfica total de quase 35 000 km<sup>2</sup> (ver desenho em anexo).

A vazão afluente média anual é estimada em 1 878,4 hm<sup>3</sup>/ano (59,6 m<sup>3</sup>/s), ou seja uma altura de escoamento de 53,7 mm.

No Quadro 3.1 apresentam-se as principais características da bacia hidrográfica definidas na seção do açude.

**Quadro 3.1**

**Características da bacia hidrográfica na seção do açude**

Açude / Aproveitamento	Linha de água	Área (km <sup>2</sup> )	Precipitação média anual (mm)	Escoamento médio anual		
				(mm)	(hm <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> /s)
Castanhão	Jaguaribe	35 000	857,8	53,7	1 878,4	59,6

### 3.1.3. Escoamentos

As séries de escoamentos mensais transportados pelo Trecho 1 do Eixo de Integração, utilizadas para o presente estudo, correspondente a um período de 83 anos, é apresentada nos Quadros 3.2 e 3.3, respectivamente para a situação atual (2005) e situação futura (2030).

Nas Figuras 3.1 e 3.2 são representados os escoamentos anuais para os anos 2005 e 2030, e nas Figura 3.3 e 3.4 os escoamentos médios mensais para os mesmos períodos.

### 3.1.4. Capacidade de armazenamento

Para a determinação da capacidade de produção de energia não foi tida em conta capacidade de armazenamento do canal a montante, atendendo quer ao reduzido valor (cerca de 18 000 m<sup>3</sup>) quer às condicionantes de operação do canal em que a vazão é transportada de forma contínua.

O nível de água no canal varia entre 119,459 m do rasto e 121,813 m correspondente ao plano de água para o transporte da vazão máxima. A área superficial é de 10 900 m<sup>2</sup>.

Na simulação da operação da PCH considerou-se o nível de água a montante constante e igual ao máximo.

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



**Quadro 3.3 (1/2)**

**Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2005)**

Ano	Escoamento mensal (hm³)												Total anual (hm³)	Total anual (m³/s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1 914	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1 915	14.60	5.56	1.06	9.27	11.90	14.96	17.68	22.10	24.36	23.60	23.96	23.00	192.0	6.09
1 916	19.70	15.06	11.26	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	30.54	33.32	211.9	6.71
1 917	16.45	13.09	12.68	12.11	1.88	17.02	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	210.2	6.66
1 918	20.69	17.44	12.68	6.08	6.48	14.52	14.69	23.46	27.43	25.09	24.71	22.15	215.4	6.83
1 919	20.44	13.12	9.42	10.06	10.27	14.85	18.49	25.08	29.79	35.67	35.81	33.32	256.3	8.12
1 920	26.48	17.44	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	35.67	33.15	24.25	288.9	9.16
1 921	19.44	17.44	1.06	1.01	1.88	17.52	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	195.4	6.19
1 922	14.60	17.44	12.68	12.11	1.88	19.17	17.29	23.46	27.43	25.09	24.71	33.32	229.2	7.26
1 923	20.14	17.44	12.68	12.11	12.45	13.19	16.31	23.61	27.46	25.78	26.20	24.26	231.6	7.34
1 924	20.10	17.44	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	23.46	27.43	25.09	24.71	22.55	241.7	7.66
1 925	26.48	17.44	12.68	1.33	1.88	9.26	15.25	23.46	27.43	25.09	25.93	24.26	210.5	6.67
1 926	19.03	17.44	6.17	1.01	1.88	9.22	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	24.14	194.2	6.15
1 927	19.02	17.44	12.68	11.37	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	208.4	6.60
1 928	15.19	12.32	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	26.46	26.18	24.74	256.8	8.14
1 929	19.17	17.44	12.68	12.11	12.45	14.21	15.72	23.46	27.43	25.09	25.17	24.76	229.7	7.28
1 930	19.04	12.33	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	31.41	27.70	25.82	26.12	31.18	254.5	8.07
1 931	26.46	17.30	7.87	8.33	9.71	16.46	21.93	32.16	37.55	35.67	35.81	33.32	282.6	8.95
1 932	26.47	17.43	12.41	11.24	11.48	14.87	17.67	22.10	24.36	23.60	23.96	23.00	228.6	7.24
1 933	19.69	14.96	10.37	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	193.5	6.13
1 934	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1 935	14.60	16.36	12.68	12.11	4.29	14.22	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	211.3	6.69
1 936	15.86	17.44	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	28.02	27.71	25.81	26.16	24.23	246.2	7.80
1 937	19.00	17.44	12.68	12.11	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	209.1	6.63
1 938	14.60	5.56	12.68	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	181.7	5.76
1 939	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1 940	16.42	13.63	12.68	12.11	1.88	16.42	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	210.2	6.66
1 941	17.74	12.41	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	35.67	29.77	24.26	271.8	8.61
1 942	19.03	16.64	9.53	9.47	9.03	13.29	17.01	24.72	27.66	35.32	35.81	33.32	250.8	7.95
1 943	26.47	17.42	12.61	1.01	4.36	17.18	22.47	32.47	37.61	35.67	35.81	33.31	276.4	8.76
1 944	26.46	17.43	12.61	1.01	1.88	4.96	7.76	19.45	24.00	23.60	23.96	22.99	186.1	5.90
1 945	19.71	3.32	1.06	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	172.5	5.47
1 946	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	4.96	7.76	12.18	19.81	23.58	23.96	23.00	139.3	4.42
1 947	19.72	15.19	1.06	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	184.4	5.84
1 948	17.12	17.43	4.44	10.59	10.45	16.95	22.55	32.80	37.61	35.67	35.81	33.32	274.7	8.71
1 949	26.48	17.39	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	193.8	6.14
1 950	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1 951	14.60	5.56	1.06	1.01	2.51	4.96	12.13	22.09	24.36	23.60	23.96	23.00	158.8	5.03
1 952	19.71	15.18	12.47	1.01	1.42	4.96	7.76	13.34	24.33	23.60	23.96	23.00	170.7	5.41
1 953	19.72	15.19	12.43	11.23	3.67	10.79	12.66	16.13	17.73	17.57	18.03	17.84	173.0	5.48
1 954	16.34	14.03	12.25	10.87	9.87	8.17	9.46	13.03	14.96	14.68	15.00	9.56	148.2	4.70
1 955	12.26	9.78	8.05	0.76	0.95	2.71	4.11	6.32	7.32	6.75	6.68	5.95	71.6	2.27
1 956	4.19	5.81	0.79	0.76	0.95	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	28.50	33.32	173.9	5.51
1 957	26.46	17.41	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	193.8	6.14
1 958	14.60	5.56	1.06	10.60	7.21	18.82	24.54	33.38	37.61	35.67	35.81	33.32	258.2	8.18
1 959	26.46	17.23	1.06	1.01	1.88	4.96	7.76	12.18	14.18	16.70	23.96	23.00	150.4	4.77
1 960	19.72	15.20	1.06	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	184.4	5.84

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



**Quadro 3.2 (2/2)**

**Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2005)**

Ano	Escoamento mensal (hm³)												Total anual (hm³)	Total anual (m³/s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1961	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1962	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
1963	14.60	14.88	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	24.14	181.9	5.76
1964	15.96	5.56	1.06	1.01	1.88	16.86	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	179.3	5.68
1965	14.60	10.67	12.68	12.11	12.45	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	208.5	6.61
1966	14.60	17.44	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	29.63	26.19	24.25	264.0	8.37
1967	19.06	17.44	12.68	12.11	12.45	13.77	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	224.5	7.11
1968	16.91	12.34	12.68	12.11	12.45	15.56	14.62	23.46	27.43	25.09	25.05	24.26	222.0	7.03
1969	22.36	12.63	12.68	3.14	9.71	11.66	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	209.2	6.63
1970	14.60	8.91	12.68	12.11	12.45	19.17	22.78	23.74	27.50	25.81	26.16	24.22	230.1	7.29
1971	19.02	17.44	12.68	12.11	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	209.1	6.63
1972	18.71	17.43	12.61	11.72	11.57	17.86	22.83	31.72	37.20	35.67	35.81	33.32	286.5	9.08
1973	26.47	17.36	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	193.8	6.14
1974	14.60	5.56	1.06	12.11	1.88	8.98	19.46	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	186.0	5.90
1975	16.28	12.51	12.68	12.11	12.45	12.54	15.15	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	216.1	6.85
1976	15.28	16.29	12.68	10.55	7.69	12.03	15.77	23.51	27.43	25.82	26.18	24.28	217.5	6.89
1977	19.01	12.20	4.39	12.11	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	195.6	6.20
1978	14.60	5.56	7.69	10.99	12.45	14.89	15.85	23.46	27.43	25.09	24.81	24.22	207.0	6.56
1979	19.81	14.47	12.36	11.03	12.45	17.98	17.62	31.38	36.72	35.65	35.81	33.32	278.6	8.83
1980	26.46	5.56	1.06	1.01	4.39	13.09	17.12	24.86	27.68	25.78	35.81	33.32	216.1	6.85
1981	26.47	17.43	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	27.63	26.19	24.25	273.9	8.68
1982	19.02	12.50	9.82	12.11	12.45	19.17	20.78	23.64	27.44	25.80	29.00	33.32	245.0	7.76
1983	26.48	17.33	12.20	11.00	10.97	17.78	24.07	33.38	37.61	35.67	35.81	33.32	295.6	9.37
1984	26.47	17.39	12.38	7.11	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	211.2	6.69
1985	14.60	17.44	12.68	12.11	12.45	11.36	21.06	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	224.1	7.10
1986	14.83	16.04	12.68	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	192.4	6.10
1987	14.68	12.28	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	36.66	25.69	26.19	24.26	254.1	8.05
1988	19.12	12.24	12.68	12.11	12.45	11.28	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	216.9	6.87
1989	17.83	12.25	12.68	12.11	12.45	19.17	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	33.32	235.1	7.45
1990	26.48	14.72	9.34	12.11	12.45	19.17	21.53	24.45	27.70	25.81	26.18	24.24	244.2	7.74
1991	19.02	12.33	12.68	12.11	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.73	35.81	33.32	227.4	7.20
1992	26.47	13.23	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	28.99	27.67	32.53	35.81	33.32	279.0	8.84
1993	26.47	17.43	12.63	11.69	11.74	14.74	17.59	22.04	24.35	23.60	23.96	23.00	229.3	7.26
1994	19.71	15.14	5.01	1.01	1.42	4.96	7.76	12.18	14.18	13.03	12.86	11.38	118.6	3.76
1995	7.84	3.32	1.06	1.01	1.42	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	160.6	5.09
1996	14.60	5.56	1.06	1.01	1.88	8.98	14.62	23.46	27.43	25.09	24.71	21.70	170.1	5.39
Mínimo.....	4.19	3.32	0.79	0.76	0.95	2.71	4.11	6.32	7.32	6.75	6.68	5.95	71.6	2.27
Média.....	18.74	13.06	8.40	7.17	6.34	12.59	16.52	24.16	27.90	25.96	26.22	24.36	211.4	6.70
Máximo.....	26.48	17.44	12.68	12.11	12.45	19.17	24.54	33.38	37.61	35.67	35.81	33.32	296	9.37
<b>Escoamento médio mensal (m³/s)</b>														
Mínimo.....	1.56	1.36	0.30	0.29	0.36	1.05	1.53	2.36	2.82	2.52	2.58	2.22	2.27	-
Média.....	7.00	5.35	3.14	2.76	2.37	4.86	6.17	9.02	10.76	9.69	10.11	9.10	6.70	-
Máximo.....	9.88	7.14	4.73	4.67	4.65	7.39	9.16	12.46	14.51	13.32	13.81	12.44	9.37	-

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE

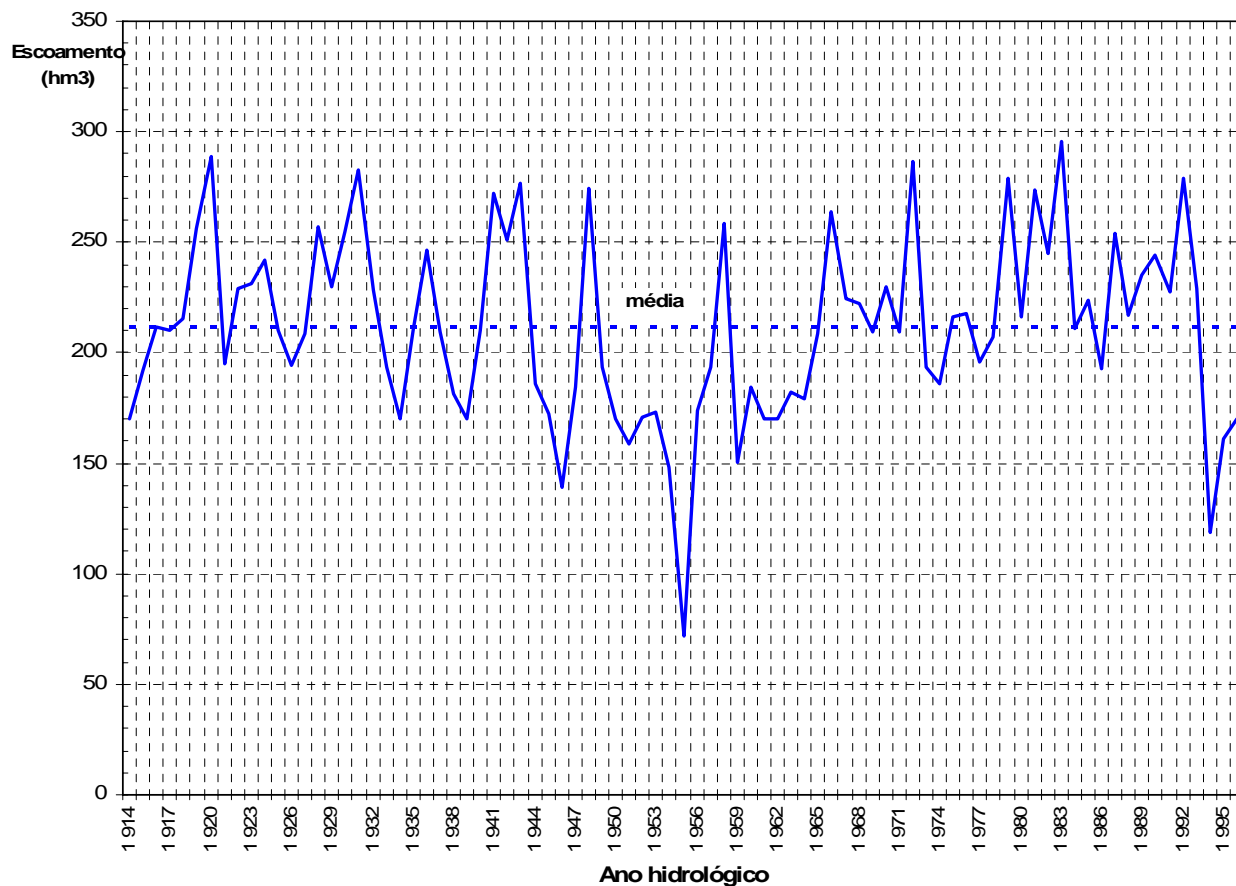


Figura 3.1

## Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos anuais (2005)

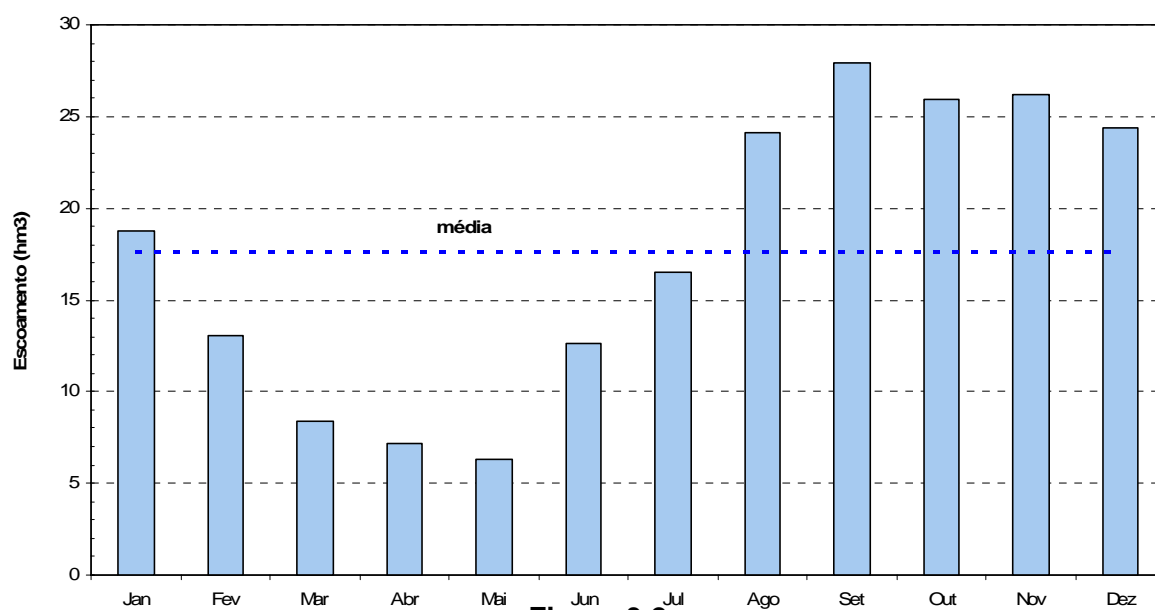


Figura 3.2

## Queda do Trecho 1 - Escoamentos médios mensais (2005)



# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



**Quadro 3.3 (1/2)**

**Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2030)**

Ano	Escoamento mensal (hm <sup>3</sup> )												Total anual (hm <sup>3</sup> )	Total anual (m <sup>3</sup> /s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1 914	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1 915	32.11	12.22	2.33	20.40	26.18	32.91	38.89	48.61	53.59	51.91	52.70	50.59	422.4	13.39
1 916	43.34	33.12	24.76	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	67.18	73.29	466.1	14.77
1 917	36.18	28.79	27.88	26.63	4.14	37.44	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	462.5	14.65
1 918	45.51	38.35	27.88	13.37	14.25	31.93	32.32	51.60	60.34	55.20	54.36	48.71	473.8	15.01
1 919	44.97	28.85	20.73	22.13	22.59	32.66	40.67	55.17	65.52	78.46	78.76	73.29	563.8	17.87
1 920	58.24	38.35	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	78.46	72.92	53.35	635.5	20.14
1 921	42.76	38.35	2.33	2.22	4.14	38.54	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	429.7	13.62
1 922	32.11	38.35	27.88	26.63	4.14	42.16	38.04	51.60	60.34	55.20	54.36	73.29	504.1	15.97
1 923	44.30	38.35	27.88	26.63	27.40	29.02	35.88	51.93	60.40	56.70	57.62	53.36	509.5	16.14
1 924	44.21	38.35	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	51.60	60.34	55.20	54.36	49.59	531.7	16.85
1 925	58.24	38.35	27.88	2.93	4.14	20.37	33.54	51.60	60.34	55.20	57.03	53.36	463.0	14.67
1 926	41.85	38.35	13.56	2.22	4.14	20.29	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	53.09	427.2	13.54
1 927	41.84	38.35	27.88	25.01	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	458.4	14.52
1 928	33.40	27.09	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	58.21	57.59	54.43	564.9	17.90
1 929	42.17	38.35	27.88	26.63	27.40	31.27	34.57	51.60	60.34	55.20	55.36	54.46	505.2	16.01
1 930	41.88	27.11	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	69.09	60.93	56.79	57.45	68.58	559.9	17.74
1 931	58.20	38.06	17.32	18.33	21.37	36.21	48.23	70.74	82.60	78.46	78.76	73.29	621.6	19.70
1 932	58.23	38.34	27.30	24.73	25.26	32.72	38.86	48.61	53.59	51.91	52.70	50.59	502.8	15.93
1 933	43.31	32.90	22.80	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	425.5	13.48
1 934	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1 935	32.11	35.99	27.88	26.63	9.43	31.29	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	464.7	14.73
1 936	34.88	38.35	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	61.63	60.95	56.78	57.55	53.29	541.5	17.16
1 937	41.79	38.35	27.88	26.63	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	459.9	14.57
1 938	32.11	12.22	27.88	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	399.7	12.67
1 939	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1 940	36.12	29.99	27.88	26.63	4.14	36.11	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	462.3	14.65
1 941	39.02	27.29	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	78.46	65.48	53.35	597.8	18.94
1 942	41.85	36.60	20.96	20.83	19.87	29.23	37.42	54.38	60.84	77.69	78.76	73.29	551.7	17.48
1 943	58.23	38.32	27.74	2.22	9.58	37.79	49.44	71.42	82.73	78.46	78.76	73.27	608.0	19.27
1 944	58.21	38.35	27.74	2.22	4.14	10.90	17.07	42.78	52.80	51.91	52.70	50.58	409.4	12.97
1 945	43.36	7.30	2.33	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	379.5	12.03
1 946	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	10.90	17.07	26.79	43.58	51.86	52.70	50.58	306.5	9.71
1 947	43.37	33.40	2.33	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	405.6	12.85
1 948	37.65	38.35	9.76	23.30	22.99	37.28	49.60	72.15	82.73	78.46	78.76	73.29	604.3	19.15
1 949	58.24	38.25	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	426.3	13.51
1 950	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1 951	32.11	12.22	2.33	2.22	5.52	10.90	26.68	48.59	53.59	51.91	52.70	50.59	349.3	11.07
1 952	43.36	33.40	27.44	2.22	3.13	10.90	17.07	29.35	53.51	51.91	52.70	50.59	375.6	11.90
1 953	43.37	33.41	27.34	24.70	8.08	23.74	27.84	35.49	39.01	38.64	39.66	39.23	380.5	12.06
1 954	35.94	30.87	26.95	23.90	21.71	17.98	20.81	28.66	32.90	32.30	33.00	21.03	326.1	10.33
1 955	26.97	21.51	17.70	1.67	2.09	5.96	9.03	13.89	16.10	14.86	14.70	13.10	157.6	4.99
1 956	9.21	12.79	1.74	1.67	2.09	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	62.69	73.29	382.5	12.12
1 957	58.20	38.30	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	426.3	13.51
1 958	32.11	12.22	2.33	23.31	15.86	41.40	53.98	73.42	82.74	78.46	78.76	73.29	567.9	17.99
1 959	58.20	37.90	2.33	2.22	4.14	10.90	17.07	26.79	31.19	36.74	52.70	50.59	330.8	10.48
1 960	43.37	33.43	2.33	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	405.6	12.85

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



**Quadro 3.3 (2/2)**

**Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2030)**

Ano	Escoamento mensal (hm³)												Total anual (hm³)	Total anual (m³/s)
	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez		
1961	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1962	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
1963	32.11	32.73	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	53.10	400.0	12.68
1964	35.10	12.22	2.33	2.22	4.14	37.09	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	394.5	12.50
1965	32.11	23.46	27.88	26.63	27.40	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	458.6	14.53
1966	32.11	38.35	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	65.17	57.61	53.34	580.8	18.40
1967	41.92	38.35	27.88	26.63	27.40	30.28	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	493.8	15.65
1968	37.20	27.15	27.88	26.63	27.40	34.22	32.16	51.60	60.34	55.20	55.10	53.36	488.2	15.47
1969	49.17	27.78	27.88	6.90	21.35	25.65	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	460.1	14.58
1970	32.11	19.61	27.88	26.63	27.40	42.16	50.10	52.21	60.48	56.78	57.55	53.27	506.2	16.04
1971	41.84	38.35	27.88	26.63	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	460.0	14.58
1972	41.15	38.35	27.74	25.77	25.46	39.28	50.23	69.76	81.83	78.46	78.76	73.29	630.1	19.97
1973	58.22	38.19	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	426.2	13.51
1974	32.11	12.22	2.33	26.63	4.14	19.76	42.80	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	409.2	12.97
1975	35.82	27.51	27.88	26.63	27.40	27.58	33.32	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	475.4	15.06
1976	33.60	35.83	27.88	23.20	16.91	26.47	34.68	51.71	60.34	56.78	57.58	53.40	478.4	15.16
1977	41.81	26.83	9.65	26.63	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	430.2	13.63
1978	32.11	12.22	16.92	24.18	27.40	32.75	34.86	51.60	60.34	55.20	54.56	53.28	455.4	14.43
1979	43.57	31.83	27.18	24.27	27.40	39.55	38.76	69.03	80.77	78.41	78.76	73.29	612.8	19.42
1980	58.21	12.22	2.33	2.22	9.65	28.79	37.66	54.68	60.89	56.71	78.76	73.29	475.4	15.07
1981	58.23	38.34	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	60.78	57.62	53.35	602.5	19.09
1982	41.83	27.49	21.59	26.63	27.40	42.16	45.70	51.99	60.35	56.74	63.80	73.29	539.0	17.08
1983	58.24	38.12	26.85	24.20	24.13	39.12	52.95	73.42	82.74	78.46	78.76	73.29	650.3	20.61
1984	58.23	38.25	27.23	15.65	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	464.6	14.72
1985	32.11	38.35	27.88	26.63	27.40	24.98	46.31	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	492.9	15.62
1986	32.62	35.28	27.88	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	423.3	13.41
1987	32.29	27.02	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	80.64	56.50	57.62	53.36	558.9	17.71
1988	42.06	26.91	27.88	26.63	27.40	24.82	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	477.1	15.12
1989	39.21	26.94	27.88	26.63	27.40	42.16	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	73.29	517.2	16.39
1990	58.24	32.38	20.54	26.63	27.40	42.16	47.36	53.78	60.92	56.77	57.59	53.33	537.1	17.02
1991	41.85	27.13	27.88	26.63	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	56.59	78.76	73.29	500.1	15.85
1992	58.23	29.10	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	63.76	60.86	71.55	78.76	73.29	613.6	19.44
1993	58.23	38.35	27.78	25.72	25.83	32.43	38.69	48.49	53.56	51.91	52.70	50.59	504.3	15.98
1994	43.36	33.30	11.02	2.22	3.13	10.90	17.07	26.79	31.19	28.66	28.29	25.03	261.0	8.27
1995	17.24	7.30	2.33	2.22	3.13	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	353.4	11.20
1996	32.11	12.22	2.33	2.22	4.14	19.76	32.16	51.60	60.34	55.20	54.36	47.74	374.2	11.86
Mínimo.....	9.21	7.30	1.74	1.67	2.09	5.96	9.03	13.89	16.10	14.86	14.70	13.10	157.6	4.99
Média.....	41.22	28.72	18.48	15.76	13.94	27.69	36.34	53.14	61.37	57.09	57.67	53.58	465.0	14.74
Máximo.....	58.24	38.35	27.88	26.63	27.40	42.16	53.98	73.42	82.74	78.46	78.76	73.29	650	20.61
<b>Escoamento médio mensal (m³/s)</b>														
Mínimo.....	3.44	2.99	0.65	0.64	0.78	2.30	3.37	5.19	6.21	5.55	5.67	4.89	4.99	-
Média.....	15.39	11.77	6.90	6.08	5.20	10.68	13.57	19.84	23.68	21.32	22.25	20.01	14.74	-
Máximo.....	21.74	15.71	10.41	10.27	10.23	16.27	20.15	27.41	31.92	29.29	30.39	27.36	20.61	-

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE

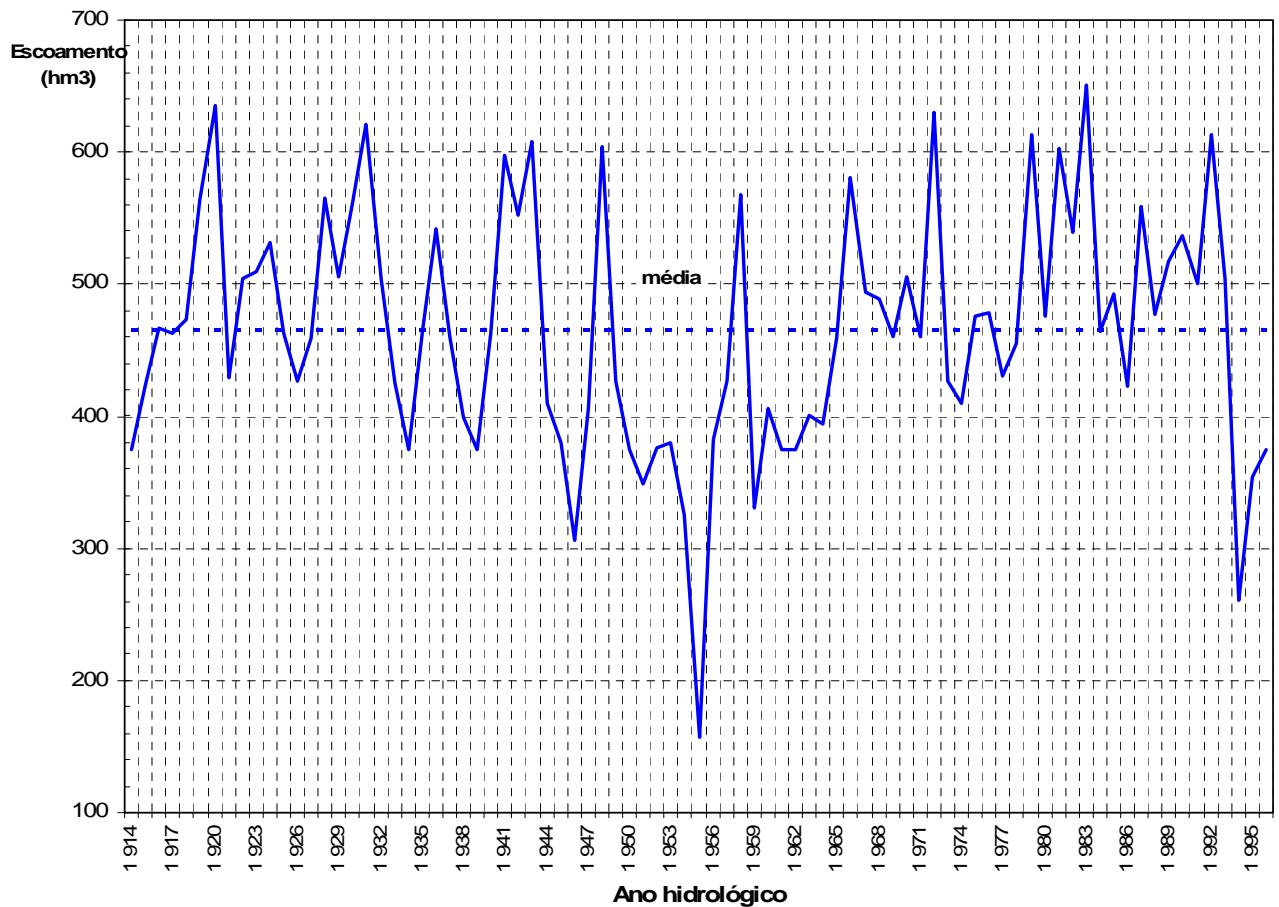
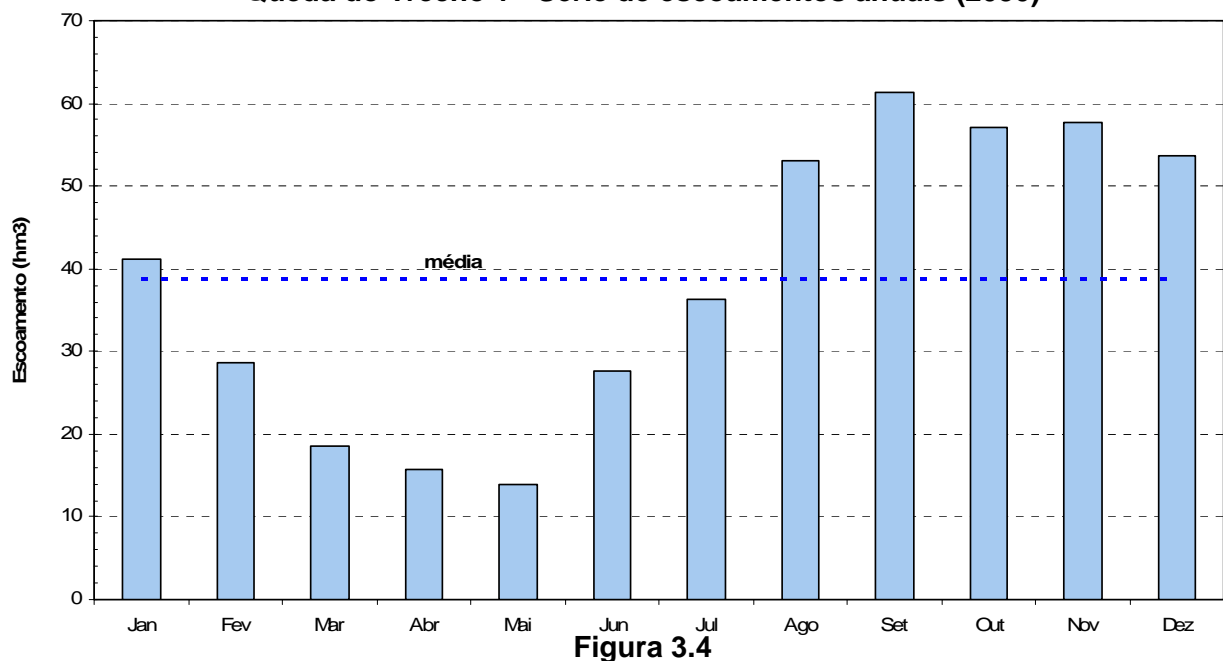


Figura 3.3

## Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos anuais (2030)



## Queda do Trecho 1 - Escoamentos médios mensais (2030)

### 3.1.5. Central hidrelétrica

No Capítulo 2 foram definidas as principais características de dimensionamento da PCH (1ª Fase) consideradas na simulação da exploração, que se resumem no Quadro 3.4.

**Quadro 3.4**

**Características gerais da central hidrelétrica (1ª fase)**

Central	Vazão equipada (m <sup>3</sup> /s)	Potência instalada (MW)	Rendimento global (1) (-)	Queda útil (m)		
				Mínimo	Nominal	Máximo
Castanhão	7,0	0,64	0,85	11,0	11,0	11,0

(1) - Rendimento global da central admitido para o cálculo da energia produzida (compreende perdas na produção, transformação e transporte da energia até ao ponto de interligação à rede).

Para esta usina consideram-se a queda bruta e a queda útil constantes (ver Capítulo 2).

## 3.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO

### 3.2.1. Considerações prévias

Para a determinação da capacidade do açude Castanhão quer de regularização de água para abastecimento quer para produção de energia hidrelétrica foi utilizado o programa de simulação SIMPCH, desenvolvido no âmbito do presente estudo.

No Anexo 3 é apresentado o resumo dos dados de entrada do programa SIMPCH e dos respectivos resultados obtidos, considerando a primeira fase de implementação do aproveitamento.

### 3.2.2. Produção de energia

Tendo em consideração o interesse por um lado em maximizar o retorno do investimento e por outro o interesse em minimizar o investimento total optou-se por seleccionar a variante com:

- **Fase1 : Vazão de equipamento de 7 m<sup>3</sup>/s, e potência instalada de 0,64 MW.**
- **Fase 2 : Vazão de equipamento de 14 m<sup>3</sup>/s, e potência instalada de 1,28 MW.**

Para a solução adotada e 1ª Fase, a produção em ano médio é avaliada em 5,05 GWh/ano e a receita anual é estimada em 0,313 MR\$, considerando o tarifário da COELCE de 2005. O

período de funcionamento médio é de 7 870 horas/ano, considerando o turbinamento à capacidade máxima.

Para a 2ª Fase a produção em ano médio será de 8,94 GWh/ano e a receita anual é estimada em 0,555 MR\$ para o mesmo tarifário. O período de funcionamento médio será de 6 972 horas/ano.

### **3.3. INDICADORES ECONÔMICOS**

Os indicadores econômicos foram determinados com base na estimativa de custo de execução do aproveitamento e no valor de venda da energia estimado. Foi considerada unicamente a 1ª Fase de implementação da PCH.

Para a solução adotada, o custo de execução foi estimado, nos relatórios anteriores do presente estudo, em 1,72 MR\$, sendo 1,30 MR\$ relativos a equipamentos e 0,42 MR\$ a obras de construção civil.

No Quadro 3.5 apresenta-se o cálculo dos indicadores econômicos relativos à solução adotada para a PCH. É indicada a produção anual considerada ao longo da vida útil do aproveitamento e respectiva valorização econômica.

Considerando a taxa de retorno de 10%, o valor presente líquido é de 0,9 MR\$, o índice benefícios-custos é de 1,44 e o período de amortização do investimento de 10 anos. A taxa interna de retorno calculada é de 16,3%.

Também para a taxa de retorno de 10% o custo atualizado da energia produzida é de 43,0 R\$/MWh e o custo da potência instalada é de 3 318 R\$/kW.

Estes resultados permitem concluir que a construção da PCH da Queda do Trecho 1 é economicamente viável, apresentando indicadores de rentabilidade econômica que se podem considerar razoáveis, embora não muito interessantes.

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



**Quadro 3.5**

## Indicadores econômicos para a solução adotada

### CARACTERÍSTICAS PRINCIPAIS DA PCH

Vazão equipada.....	<b>7.0</b> m³/s
Potência instalada da central hidroelétrica.....	<b>0.64</b> MW
Energia produzida em ano médio (ano 1).....	<b>5.05</b> GWh/ano
Energia produzida em ano médio (ano 20).....	<b>5.05</b> GWh/ano
Valor da energia (tarifário COELCE 2005).....	<b>0.31</b> M R\$ / ano

### INDICADORES DE RENTABILIDADE ECONÓMICA

Taxa de retorno, Tx (%).....	<b>8%</b>	<b>10%</b>	<b>12%</b>
Valor Presente Líquido, VPL (M R\$).....	1.5	<b>0.9</b>	0.5
Índice benefícios/custos, B/C.....	1.66	<b>1.44</b>	1.27
Tempo de retorno Tr (anos).....	9.0	<b>10.0</b>	11.0
Custo atualizado do kWh produzido (R\$/kWh).....	0.0374	<b>0.0430</b>	0.0488
Custo da potência instalada (R\$/kW).....	3 524	<b>3 318</b>	3 175
Taxa interna de retorno, TIR (%).....	<b>16.3 %</b>		

Ano	Ano de exploração	Potência instalada (MW)	Produção de energia (GWh)	Valor da produção (M R\$)	Investimentos (MUSD)		Exploração e manutenção (MUSD)	Custo total (MUSD)	
					Construção civil	Equipamentos			
2006	0	-	-	0.00	<b>0.42</b>	<b>1.30</b>	0.000	1.72	
2007	1	0.64	<b>5.05</b>	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2008	2	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2009	3	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2010	4	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2011	5	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2012	6	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2013	7	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2014	8	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2015	9	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2016	10	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2017	11	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2018	12	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2019	13	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2020	14	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2021	15	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2022	16	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2023	17	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2024	18	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2025	19	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2026	20	0.64	5.05	0.31	0.00	<b>1.30</b>	0.022	1.32	
2027	21	0.64	<b>5.05</b>	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2028	22	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2029	23	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2030	24	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2031	25	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2032	26	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2033	27	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2034	28	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2035	29	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2036	30	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2037	31	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2038	32	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2039	33	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2040	34	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2041	35	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2042	36	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2043	37	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2044	38	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2045	39	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
2046	40	0.64	5.05	0.31	0.00	0.00	0.022	0.02	
Totais	40	---	---	---	---	---	---	---	
Valores atualizados	Taxa de retorno de 8%.....				3.73	---	---	---	2.26
	Taxa de retorno de 10%.....				3.06	---	---	---	2.12
	Taxa de retorno de 12%.....				2.58	---	---	---	2.03



## **4. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS**

### **4.1. IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL**

A PCH da Queda do Trecho 1, como se referiu anteriormente, será implantada junto da estrutura de dissipação de energia da tubulação da queda, utilizando as atuais tubulações forçadas.

Tendo em consideração o fato do canal de integração ser executado em duas fases, estando a 1ª fase concluída, também a usina será implantada em duas fases. Desse modo a proposição é a instalação de duas unidades, sendo que em uma primeira etapa será montado um só grupo gerador e em uma outra oportunidade, a ser determinada posteriormente, será então implementada a segunda unidade.

O edifício da central ficará implantado numa plataforma existente à cota 110 m, do lado direito da referida câmara de válvulas, fazendo-se a restituição das vazões turbinadas para o mesmo canal de fuga das válvulas dispersoras da tomada de água.

A plataforma envolvente da central apresenta uma área disponível largamente suficiente para permitir uma fácil implantação do edifício e caminhos de circulação, sendo os acessos já existentes. Os arranjos exteriores previstos consistem em arruamentos para circulação e zonas relvadas, com iluminação exterior, constituindo um recinto delimitado por uma vedação.

A tubulação forçada terá início na tubulação existente, imediatamente a montante das válvulas dispersoras, sendo o seu desenvolvimento de apenas cerca de 20 m.

Na Figura 4.1, apresentada no final do presente capítulo, encontra-se representada a implantação prevista para a usina.

Na Figura 4.2 encontra-se representado o esquema unifilar geral das instalações elétricas e na Figura 4.3 representa-se a ligação da usina à rede elétrica da COELCE.

### **4.2. DESCRIÇÃO DA CENTRAL**

O edifício será constituído por uma estrutura em betão enterrada, correspondente à sala do grupo, sobre a qual se desenvolve uma superestrutura para cobertura e suporte da ponte rolante. Esta superestrutura cobre também as zonas do hall de descarga e do hall elétrico.

Adjacente ao corpo principal existirá um edifício de menor altura, onde se encontram as diferentes instalações elétricas e de apoio, incluindo a sala de comando.

Para descarga, montagem e desmontagem dos equipamentos existirá uma ponte rolante de acionamento elétrico, com caminho de rolamento assente sobre viga contínua de betão, cobrindo todo o desenvolvimento da central, incluindo a sala dos grupos e os halls de descarga e elétrico.

São ainda previstas comportas ensecadeiras, para seccionamento dos canais de restituição individuais dos grupos, manobradas através de um monocarril com diferencial elétrico.

A ventilação é prevista através de ventiladores de admissão de ar e/ou de extração instalados na cobertura do edifício.

Serão também previstos sistemas de detecção e extinção de incêndios e de detecção de intrusão.

### **4.3. EQUIPAMENTOS ELECTROMECAÑICOS**

A central hidrelétrica será equipada na primeira fase com um grupo turbina-alternador com potência de 640 KW (potência útil no veio da turbina), sendo prevista a instalação de um segundo grupo igual numa segunda fase, resultando então uma potência total de 1 280 kW.

As duas turbinas são dimensionadas para um vazão nominal de 7 m<sup>3</sup>/s e uma queda útil nominal constante de 11 m.

As duas unidades de geração hidráulica serão com turbinas turbina Bulbo com Multiplicador e de veio horizontal. Poderá ser usada como alternativa à turbina tubular "S", incluindo um multiplicador de velocidade com engrenagens cônicas, permitindo que o gerador fique com o eixo a 90° do eixo da turbina, normalmente em posição vertical.

Cada turbina hidráulica estará acoplada a um gerador para operação em regime contínuo, com as seguintes características principais:

- Tipo ..... síncrono trifásico
- Tensão nominal ..... 6 KV
- Potência nominal ..... 0,75 MVA
- Velocidade nominal..... 300 rpm

- Classe de isolamento..... 15kV
- Tensão nominal de geração ..... 13,8kV
- Nível básico de isolamento ..... 95kV,
- Ligação em estrela com neutro acessível
- Grau de proteção..... IP23.

Cada grupo estará preparado para funcionamento em comando automático, dispondendo também de equipamento suficiente para uma exploração completa em regime de comando manual (situação de recurso e ensaios).

O comando automático será executado através de um autômato programável que permitirá a realização de vários programas a partir das instruções dadas na consola local.

Atendendo a usina recorrerá a tomada de água já existente, admite-se não ser necessário instalar grades de proteção a montante. Deverá contudo efetuar-se a análise da compatibilidade entre as grades existentes e as exigências da turbina que for efetivamente instalada.

#### **4.4. SISTEMAS ELÉTRICOS**

No interior da central, para além dos geradores acima indicados, são previstos os seguintes equipamentos e instalações elétricas:

- Quadros dos grupos;
- Quadro de média tensão;
- Quadro de comando, situado no interior da sala de comando;
- Quadro dos serviços auxiliares, situado no interior de uma sala;
- Transformador dos serviços auxiliares;
- Grupo Diesel, situado no interior de uma sala, com acesso a partir do exterior.

Cada unidade geradora será conectada a um único CUBÍCULO BLINDADA TIPO METAL-CLAD SWITGEAR, classe de isolamento 15kV, uso interno e em consonância com o unifilar anexo.

Os serviços auxiliares da unidade e da usina serão alimentados através de um transformador trifásico de 30 kVA 13.800 V/380 V/220 V, localizado no METAL-CLAD SWITGEAR e conectado a este por fusível e chave seccionadora.

É também prevista a instalação de um sistema de comando e automação do funcionamento da central.

#### **4.5. CONEXÃO À REDE ELÉTRICA DO ESTADO**

As unidades geradoras dos Canais de Integração deverão ser conectadas, através de linha de transmissão padrão COELCE rural, com um cabo de alumínio bitola 1/0 AWG por fase, ao alimentador BFG-01N3, distante 1 430 m do empreendimento.

A conexão será realizada com disjuntor de 15 kV e capacidade nominal de 400 A.

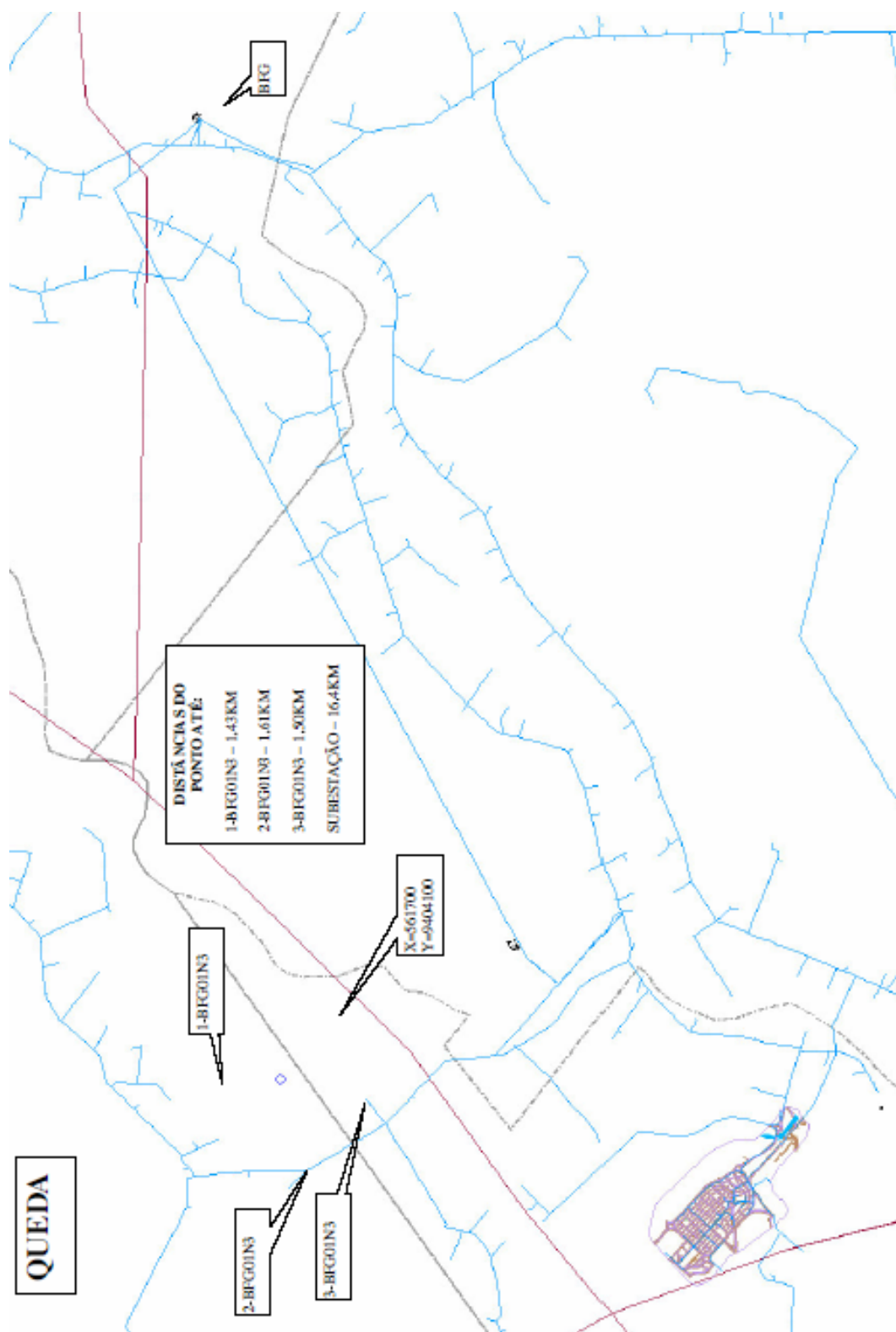
(Folha A3)

**Figura 4.1**  
**Implantação da PCH do açude Castanhão**

(Folha A4 – Arquivo Word)

**Figura 4.2**  
**Esquema unifilar elétrico da PCH do açude Castanhão**





**Figura 4.3**  
**Ligação à rede elétrica da COELCE**

## **5. RESUMO**

A PCH da Queda do Trecho 1 do Eixo de Integração Castanhão-Fortaleza ficará implantada lateralmente ao canal adutor existente, utilizando as atuais estruturas da câmara das válvulas dispersoras que dissipam a energia disponível nesse desnível existente no canal.

Os estudos realizados permitiram definir as características a adotar para a PCH, que são as seguintes (1ª Fase):

- Vazão de equipamento.....7 m<sup>3</sup>/s
- Queda bruta..... 12,94 m
- Queda útil (nominal) ..... 11 m
- Potência.....0,64 MW

Na 2ª Fase, cuja viabilidade deverá ser aferida em estudos a realizar posteriormente, será instalado um segundo grupo de iguais características, resultando uma vazão de equipamento total de 14 m<sup>3</sup>/s e uma potência instalada de 1,28 MW.

Será executado o edifício da central, para um único grupo na 1ª Fase, conduta forçada e linha de ligação à rede da COELCE. A conduta forçada terá origem num derivante a executar na tubulação que antecede as válvulas dispersoras.

O custo de execução da 1ª Fase é estimado em 1,72 MR\$, repartidos por 1,30 MR\$ para equipamentos e 0,42 MR\$ para obras civis, de acordo com as seguintes parcelas:

- Usina hidrelétrica..... 1,53 x 10<sup>6</sup> R\$
- Circuito hidráulico..... 0,19 x 10<sup>6</sup> R\$
- Total global..... 1,72 x 10<sup>6</sup> R\$

Os resultados dos estudos de simulação da exploração da PCH permitiram a determinação dos seguintes parâmetros (1ª Fase):

- Volume regularizado (90% de garantia em tempo) ..... 465 hm<sup>3</sup>/ano (14,7 m<sup>3</sup>/s)
- Energia produzida..... 5,05 GWh/ano
- Tempo de funcionamento médio ..... 7 870 horas/ano
- Valor da energia produzida (tarifário COELCE 2005) ... 0,313 x 10<sup>6</sup> R\$/ano

# PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ ESTUDO DE VIABILIDADE



O regime de funcionamento será contínuo em 24 horas, dependendo diretamente da operação do Trecho 1 do Canal de Integração.

Da análise econômica realizada resultaram os seguintes valores de indicadores econômicos para a 1ª Fase do aproveitamento (taxa de retorno de 10%):

- Valor Presente Líquido – VPL ..... 0,9 MR\$
- Índice benefícios-custos – B/C ..... 1,44
- Tempo de retorno do investimento ..... 10 anos
- Taxa Interna de Retorno – TIR ..... 16,3 %
- Custo atualizado do kWh produzido ..... 0,043 R\$/MWh
- Custo da potência instalada ..... 3 318 R\$/kW

A execução do aproveitamento poderá ser concretizada em cerca de 2 anos, incluindo um ano para a elaboração de estudos complementares e do Projeto Executivo e dois anos para encomenda e fabrico de equipamentos e construção.

Dos estudos efetuados conclui-se que a construção da PCH da Queda do Trecho 1 é economicamente viável, apresentando indicadores de rentabilidade econômica que se podem considerar razoáveis, embora não muito elevados.

20 de Maio de 2006

Pela COBA

António Pereira da Silva

Diretor do Serviço de Recursos Naturais e Equipamentos

**ELABORAÇÃO DA DECLARAÇÃO DE RESERVA DE DISPONIBILIDADE HÍDRICA  
E DE ESTUDOS DE VIABILIDADE TÉCNICA E ECONÔMICA PARA IMPLANTAÇÃO  
DE PEQUENAS CENTRAIS HIDRELÉTRICAS NO ESTADO DO CEARÁ**

**ETAPA V  
RELATÓRIO FINAL**

**TOMO 6  
PCH DA QUEDA DO TRECHO 1**

**ÍNDICE**

	<b>Página</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>1</b>
<b>2. CARACTERÍSTICAS GERAIS DA PCH.....</b>	<b>2</b>
2.1. LOCALIZAÇÃO .....	2
2.2. QUEDA DO TRECHO 1 DO EIXO DE INTEGRAÇÃO .....	2
2.2.1. Implnatação da PCH.....	2
2.2.2. Descrição geral do Trecho 1 do Eixo de Integração .....	4
2.2.3. Dimensionamento hidráulico do Trecho 1.....	5
2.2.4. Descrição da queda do Trecho 1 .....	6
2.2.5. Vazões de dimensionamento.....	8
2.3. CARACTERÍSTICAS DE DIMENSIONAMENTO .....	8
2.3.1. Queda bruta e queda útil.....	8
2.3.2. Vazão de equipamento .....	9
<b>3. SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO .....</b>	<b>10</b>
3.1. DADOS DE CARACTERIZAÇÃO DO APROVEITAMENTO.....	10
3.1.1. Considerações prévias.....	10
3.1.2. Bacia hidrográfica .....	10

3.1.3. Escoamentos .....	11
3.1.4. Capacidade de armazenamento .....	11
3.1.5. Central hidrelétrica .....	18
3.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO DA EXPLORAÇÃO DO APROVEITAMENTO .....	18
3.2.1. Considerações prévias.....	18
3.2.2. Produção de energia.....	18
3.3. INDICADORES ECONÔMICOS .....	19
<b>4. DESCRIÇÃO DAS ESTRUTURAS E EQUIPAMENTOS .....</b>	<b>21</b>
4.1. IMPLANTAÇÃO DA CENTRAL.....	21
4.2. DESCRIÇÃO DA CENTRAL .....	21
4.3. EQUIPAMENTOS ELECTROMECAÑICOS.....	22
4.4. SISTEMAS ELÉCTRICOS .....	23
4.5. CONEXÃO À REDE ELÉTRICA DO ESTADO .....	24
<b>5. RESUMO.....</b>	<b>28</b>

### QUADROS

- 2.1. Dimensionamento hidráulico do canal adutor e sifões invertidos
- 3.1. Características da bacia hidrográfica na seção do açude
- 3.2. Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2005)
- 3.3. Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos mensais afluentes (2020)
- 3.4. Características gerais da central hidrelétrica (1ª fase)
- 3.5. Indicadores econômicos para a solução adotada

**FIGURAS**

- 2.1. Localização e acesso à PCH da Queda do Trecho 1
- 3.1. Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos anuais (2005)
- 3.2. Queda do Trecho 1 - Série de escoamentos anuais (2020)
- 3.3. Queda do Trecho 1 - Escoamentos médios mensais (2005)
- 3.4. Queda do Trecho 1 - Escoamentos médios mensais (2020)
- 4.1. Implantação da PCH Queda do Trecho 1
- 4.2. Planta e seção transversal do edifício da PCH Queda do Trecho 1
- 4.3. Esquema unifilar elétrico da PCH Queda do Trecho 1
- 4.4. Ligação à rede elétrica da COELCE

**ANEXOS**

ANEXO 1 – LOCALIZAÇÃO E BACIA HIDROGRÁFICA

ANEXO 2 – FOTOGRAFIAS

ANEXO 3 – DADOS E RESULTADOS DO PROGRAMA SIMPCH